

ZA ENDODONTIJO POMEMBNE KEMIČNE, FIZIKALNE IN BIOLOŠKE LASTNOSTI MINERALNEGA TRIOKSIDNEGA AGREGATA

Mineral trioxide aggregate: chemical, physical and biological properties relevant for endodontics

K. Cankar, J. Jan

Ključne besede:

*mineralni
trioksidni
agregat,
endodontsko
zdravljenje*

Izvleček

Mineralni trioksidni agregat (MTA) je bil prvotno uveden v endodontijo kot polnilo retrogradne preparacije pri apikotomiji. Kasneje se je njegova uporaba uspešno razširila na zapiranje predrtja korenine, direktno kritje in amputacijo zobne pulpe ter apeksifikacijo korenin. V primerjavi z drugimi materiali, ki se uporabljajo pri teh posegih, manj prepušča bakterije, doseže primerljivo ali večjo trdnost, ni citotoksičen in ne povzroča vnetja v tkivu ter spodbuja tkivno obnovo. Njegovi slabi lastnosti sta dolg čas strjevanja in majhna protibakterijska dejavnost. Za dolgoročno ovrednotenje uporabnosti MTA v vsakdanji klinični praksi so potrebne dodatne raziskave.

Abstract

Mineral trioxide aggregate (MTA) was first introduced in endodontics as a retrograde filling material in apicotomy. Later, its use widened to closing root perforations, dental pulp capping, pulpotomy, and apexification of dental roots. In comparison to other materials used in the same procedures, MTA shows less bacterial leakage, it attains comparable or even greater strength, it is not cytotoxic, it does not cause inflammation, and it stimulates tissue regeneration. Its disadvantages are long setting time and weak antibacterial activity. Further studies are needed for long-term evaluation of its applicability in everyday clinical practice.

Key words:

*mineral trioxide
aggregate,
endodontic
treatment*

Uvod

Mineralni trioksidni agregat (MTA) so v endodontiji sprva uporabljali kot polnilo pri apikotomijah za polnitev retrogradne preparacije. Od takrat se je njegova uporaba razširila na zapiranje predrtja, direktno kritje, amputacijo zobne pulpe ter apeksifikacijo.

Kemične in fizikalne lastnosti MTA

Leta 2002 se je na tržišču poleg standardnega sivega MTA (Dentsply Tulsa Dental, ZDA) pojavil tudi beli MTA. V obeh MTA je zaradi radioneprepustnosti dodan bizmutov oksid (Roberts in sod., 2008). Njuna sestava se loči po tem, da je v belem MTA dikalcijev silikat zamenjan s trikalcijevim silikatom ter da beli MTA ne vsebuje železa (Asgary in sod., 2005; Song in sod., 2006). Primerjava je še pokazala, da beli MTA vsebuje manjše delce kot sivi MTA. Beli MTA je tudi bolj porozen in bolj topen ter ima manjšo kompresijsko trdnost.

Študije sestave belega in sivega MTA so pokazale, da sta oba materiala sicer zelo podobna portlandskemu cementu, vendar pa obstaja nekaj razlik, ki jih je potrebno poznati, saj so se pojavile špekulacije, da bi portlandski cement lahko uporabili kot cenejši nadomestek za MTA. V primerjavi s portlandskim cementom MTA vsebuje manj sadre, ki določa čas strjevanja, in ima zato daljši obdelovalni čas. V MTA je manjša količina toksičnih težkih kovin, kromoforov, aluminija in kalija (Damaschke in sod., 2005).

Podatki proizvajalca in različnih študij o času strjevanja MTA se zelo razlikujejo. Proizvajalec namreč navaja čas strjevanja 10 minut, medtem ko so študije ugotovile čas strjevanja med dvema in štirimi urami (Torabinejad in sod., 1995). V novejših raziskavah proizvajalci s spreminjanjem sestave poskušajo pospešiti strjevanje MTA.

Kompresijska trdnost sivega MTA 21 dni po aplikaciji naj bi bila primerljiva s cinkovooksidno-evgenolnimi materiali in manjša od amalgama (Torabinejad in sod., 1995). Preoblikovanje strukture se nadaljuje tudi po tem času, kompresijska trdnost MTA pa se ob prisotnosti vlage zvišuje še več dni po koncu preoblikovanja. Vrednost pH sveže zamešanega MTA je 10,2 in se med strjevanjem zvišuje do vrednosti 12,5 (Tronstad in Wennberg, 1980).

Lastnosti strjenega MTA so odvisne od velikosti delcev, razmerja med MTA in vodo, temperature in med mešanjem ujetega zraka (Lee in sod., 2004). Prisotnost vlage med strjevanjem povečuje trdnost, zato je priporočljivo položiti vlažno vatno kroglico nad aplicirani MTA in šele čeznjo nanašati material za začasno zaporo (Danesh in sod., 2006; Walker in sod., 2006). Na čas strjevanja ter kompresijsko trdnost MTA vplivajo razni materiali, ki jih uporabljamo v endodontiji (Roberts in sod., 2008). Fiziološka raztopina in anestetik Lidokain podaljšata čas strjevanja, medtem ko natrijev hipoklorit zmanjša njegovo trdnost. V primeru, da zmešamo MTA s klorheksidin diglukonatom, se mešanica sploh ne strdi. Vodikov peroksid in ostanek kalcijevega hidroksida v koreninskih kanalih zmanjšata trdnost vezave MTA na dentin. Trdnost vezave zmanjša tudi kontaminacija dentina s krvjo ter prisotnost vnetega tkiva z nizkim pH-jem (Lee in sod., 2004). Za cementiranje zatičkov MTA ni primeren, trdnost vezave na dentin je boljša s klasičnimi materiali, ki jih uporabljamo v klinični praksi. Raziskave so pokazale boljšo vezavo MTA na dentin, kadar so bili koreninski kanali mehansko obdelani ne le ročno, ampak tudi z ultrazvokom (Roberts in sod., 2008).

MTA ustvari za tekočino boljšo obrobno zaporo v primerjavi z amalgamom, cinkovooksidno-evgenolnimi preparati in stekloionomernimi cementi (Lee in sod., 1993). MTA je manj prepusten za bakterije kot amalgam in cinkovooksidno-evgenolni preparati, podobno prepusten pa kot stekloionomerni cementi. Na prepustnost vplivata debelina materiala in čas od vnosa. Za dobro zaporo je potrebna vsaj 4 mm debela plast MTA. Neprepusten za tekočino in bakterije postane šele po več mesecih, zato je nujno prekritje sveže vnesenega MTA s primerno začasno zaporo (stekloionomerni cement). V primeru, da MTA položimo na živo tkivo, se lahko za matrico pod mestom aplikacije uporablja preparat kolagena ali zamešan kalcijev sulfat, ki se resorbirata v približno štirih tednih (Kratchman, 2004; Bargholz, 2005). Glede mogočih razlik v prepustnosti sivega in belega MTA za bakterije so mnenja raziskovalcev deljena.

Biološki učinki MTA

MTA je biokompatibilen material (ni citotoksičen), ki ga vse pogosteje uporabljamo

v endodontiji, saj ima sposobnost sprožanja rasti tkiv (Pitt Ford in sod., 1996; Torabinejad in sod., 1997). Razlik med biokompatibilnostjo sivega in belega MTA raziskovalci niso našli (Holland in sod., 2001). Zamešan se MTA preoblikuje v koloidni gel z rahlo bazičnim pH-jem, zaradi česar deluje MTA, preden se strdi, tudi nekoliko protibakterijsko (Eldeniz in sod., 2006); razmnoževanje glive *Candida albicans* zavira v tekočem in v strjenem stanju.

V klinični praksi kaže MTA odlične lastnosti kot material za direktno kritje zobne pulpe in uspešno nadomesti kalcijev hidroksid, saj ne povzroča lokalne nekroze pulpe in tudi kronično vnetje zobne pulpe se redkeje pojavi (Nair in sod., 2008). Poleg tega spodbuja tvorbo neprekinjene dentinske pregrade, ki je debelejša kot po vnosu kalcijevega hidroksida. Povzroči funkcionalne in citološke spremembe celic pulpe ter njihovo preobrazbo v odontoblaste (Andelin in sod., 2003), ki izdelajo fibrodentin oz. reparativni dentin na površini ekspanzirane pulpe (Tziafas in sod., 2002). Žal pa MTA z vidika protibakterijskega delovanja ni primerljiv s kalcijevim hidroksidom.

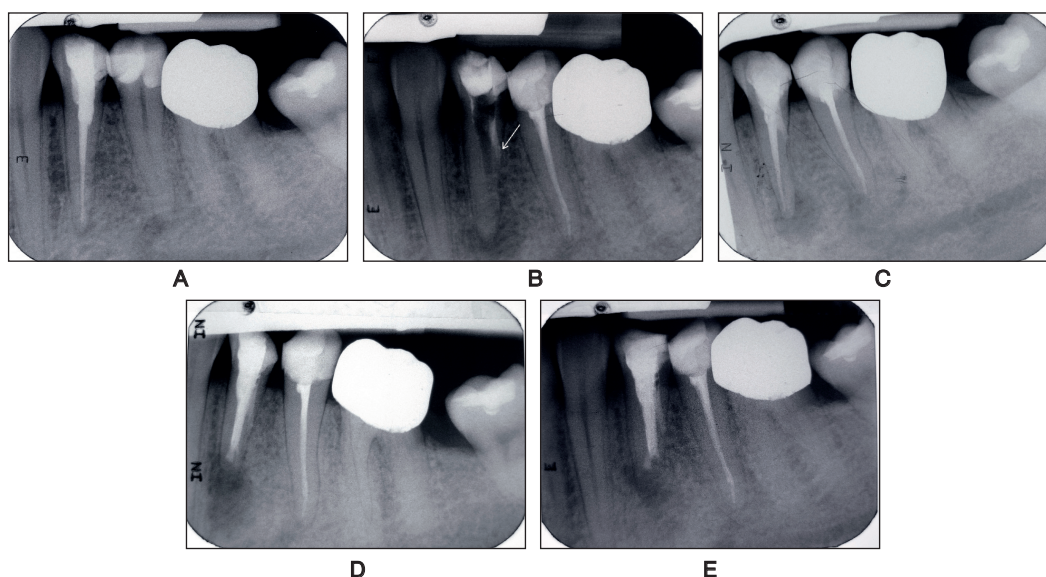
MTA se uporablja tudi kot material za prekritje amputirane zobne pulpe pri mlečnih in stalnih zobeh (Srinivasan in sod., 2009). Če ga vnesemo v koreninski kanal, pospeši dograditev apeksa korenine (Srinivasan in sod., 2009). Njegova slabost pa je, da ga ne moremo odstraniti, kot je to mogoče pri uporabi kalcijevega hidroksida ali dokončni polnitvi koreninskih kanalov z AH-Plus in gutaperčo.

Preliminarne študije so pokazale, da MTA kaže tudi sprejemljivo biokompatibilnost, kadar ga uporabimo za zaporo predrtja (perforacije) (Bargholz, 2005) in zunanje resorpcije korenin (White in Bryant, 2002) ter pri retrogradni polnitvi po apikotomiji (Roberts in sod., 2008). V teh primerih povzroči nastanek hidroksiapatitnih kristalov in posledično tvorbo pozobnice, cementa in kosti. Na njegovi površini se cement lahko tvori tudi neodvisno od prisotnosti cementa na površini zobne korenine v okolici (Torabinejad in sod., 1997; Pitt Ford in sod., 1996). Obnova pozobnice med drugim verjetno temelji na dolgotrajnem sproščanju kalcijevih ionov (Takita in sod.,

2006), ki vzpodbudijo proliferacijo fibroblastov (Zhu in sod., 2000; Balto, 2004; Bonson in sod., 2004). Podobno obnova kosti temelji na lastnosti MTA, da pospeši diferenciacijo osteoblastov in osteoklastov (Mitchell in sod., 1999; Andelin in sod., 2003). Potrebne so še nadaljnje raziskave, ki bi dolgoročno ovrednotile uporabnost MTA v vsakdanji klinični praksi.

Primer klinične uporabe MTA

Pacientka H. B. je prišla na Center za zobne bolezni in endodontijo z napotnico osebnega zobozdravnika. Tožila je zaradi bolečin v področju zob 34 in 35. Na podlagi našega rentgenskega posnetka, narejenega ob prihodu, smo se najprej odločili za ponovno endodontsko zdravljenje zoba 34. Na periapikalnem rentgenskem posnetku, napravljenem ob polnitvi zoba 34, je bila vidna periapikalna razredčitev kosti na endodontsko zdravljenem zobu 34 in ob zobu 35 (Slika 1 A). Na osnovi rentgenskega posnetka, anamneze in negativnega testa vitalitete smo se odločili za endodontsko zdravljenje zoba 35 in ga zaključili tri mesece kasneje s polnitvijo. Devet mesecev po polnitvi zoba 34 je pacientka zaradi bolečin obiskala dežurno ambulanto, kjer so odstranili polnitev na zobu 34. Nekaj dni po nudeni prvi pomoči se je pacientka vrnila v našo ordinacijo. Zob 34 je bil odprt. Med endodontskim zdravljenjem tega zoba, ki smo ga pričeli takoj, smo odkrili predrtje v srednji tretjini korenine in ga v isti seji zaprli z MTA (Slika 1 B). Do predrtja na zobu 34 je verjetno prišlo pri nujenju prve pomoči v dežurni ambulanti. Med nadaljevanjem endodontskega zdravljenja smo posumili, da obstaja dodatni (lingvalni) kanal, ki je bil verjetno vzrok za neuspeh prvotnega endodontskega zdravljenja. Dodatnega kanala kljub uporabi mikroskopa nismo uspeli lokalizirati zaradi zabarvanja kanala. Zob smo dokončno polnili z AH plus in gutaperčo dva meseca po zapori predrtja (Slika 1 C) in se odločili še za takojšnjo apikotomijo. Pri tem smo videli tudi drugi, lingvalni kanal in oba kanala polnili z MTA (Slika 1 D). Na kontrolnem rentgenskem posnetku eno leto po apikotomiji je vidna tvorba nove kostnine ob apeksu zoba 34, distalno ob predrtju ni patoloških znakov (Slika 1 E).



Slika 1: Pacientka H.B., lokalni rentgenski posnetki zob 34 in 35. **A** – Ob polnitvi zoba 34. Ob apeksu zoba 34 in 35 sta vidni razredčitvi kosti. **B** – Po zaprtju predrtja korenine zoba 34 z MTA. Zob 35 je dokončno polnjen. Puščica označuje mesto predrtja. **C** – po polnitvi zoba 34 z MTA. Osteoliza ob apeksu zoba 34 je večja kot na sliki 1 A. **D** – Po apikotomiji in retrogradni polnitvi obeh kanalov zoba 34 z MTA. **E** – Na kontrolnem posnetku eno leto po apikotomiji zoba 34 ni vidnih bolezenskih sprememb ob predrtju. Osteoliza ob apeksu zoba 34 je videti zmanjšana.

Reference

- Andelin WE, Shabahang S, Wright K, Torabinejad M. Identification of hard tissue after experimental pulp capping using dentin sialoprotein (DSP) as a marker. *J Endod* 2003; 29: 646–50.
- Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005; 31: 101–3.
- Balto HA. Attachment and morphological behavior of human periodontal ligament fibroblasts to mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscope study. *J Endod* 2004; 30: 25–9.
- Bargholz C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *Int Endod J* 2005; 38: 59–69.
- Bonson S, Jeansonne BG, Lallier TE. Root-end filling materials alter fibroblast differentiation. *J Dent Res* 2004; 83: 408–13.
- Dammaschke T, Gerth HU, Züchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 2005; 21: 731–8.
- Danesh G, Dammaschke T, Gerth HU, Zandbiglari T, Schäfer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J* 2006; 39: 213–9.
- Eldeniz AU, Hadimli HH, Ataoglu H, Orstavik D. Antibacterial effect of selected root-end filling materials. *J Endod* 2006; 32: 345–9.
- Holland R, de Souza V, Murata SS, Nery MJ, Bernabé PF, Otoboni Filho JA, Dezan Júnior E. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. *Braz Dent J* 2001; 12: 109–13.
- Kratchman SI. Perforation repair and one-step apexification procedures. *Dent Clin North Am* 2004; 48: 291–307.
- Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993; 19: 541–4.
- Lee YL, Lee BS, Lin FH, Yun Lin A, Lan WH, Lin CP. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 2004; 25: 787–93.
- Mitchell PJ, Pitt Ford TR, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 1999; 20: 167–73.
- Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J* 2008; 41: 128–50.
- Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996; 127: 1491–4.

- Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. *Dent Mater* 2008; 24: 149–64.
- Song JS, Mante FK, Romanow WJ, Kim S. Chemical analysis of powder and set forms of Portland cement, gray ProRoot MTA, white ProRoot MTA, and gray MTA-Angelus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 809–15.
- Srinivasan V, Waterhouse P, Whitworth J. Mineral trioxide aggregate in paediatric dentistry. *Int J Paediatr Dent* 2009 Jan; 19: 34–47.
- Takita T, Hayashi M, Takeichi O, Ogiso B, Suzuki N, Otsuka K, Ito K. Effect of mineral trioxide aggregate on proliferation of cultured human dental pulp cells. *Int Endod J* 2006; 39: 41–22.
- Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kaiyawasam SP. Tissue reaction to implanted super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J Endod* 1995; 21: 569–71.
- Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasam SP. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endod* 1997; 23: 225–8.
- Tronstad L, Wennberg A. *In vitro* assessment of the toxicity of filling materials. *Int Endod J* 1980; 13: 131–8.
- Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J* 2002; 35: 245–54.
- Walker MP, Diliberto A, Lee C. Effect of setting conditions on mineral trioxide aggregate flexural strength. *J Endod* 2006; 32: 334–6.
- White C Jr, Bryant N. Combined therapy of mineral trioxide aggregate and guided tissue regeneration in the treatment of external root resorption and an associated osseous defect. *J Periodontol* 2002; 73: 1517–21.
- Zhu Q, Haglund R, Safavi KE, Spangberg LS. Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. *J Endod* 2000; 26: 404–6.
- Doc. dr. Ksenija Cankar, dr. dent. med., Inštitut za fiziologijo, Medicinska fakulteta v Ljubljani;
doc. dr. Janja Jan, dr. dent. med., Center za zobne bolezni in endodontijo, UKC Ljubljana